

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3733074 A1

⑳ Aktenzeichen: P 37 33 074.8
㉑ Anmeldetag: 30. 9. 87
㉒ Offenlegungstag: 13. 4. 89

⑤ Int. Cl. 4:
H04N 3/15
H 04 N 1/40
// G01J 1/42,5/00

DE 3733074 A1

㉑ Anmelder:

Computer Gesellschaft Konstanz mbH, 7750
Konstanz, DE

㉒ Vertreter:

Mehl, E., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

㉓ Erfinder:

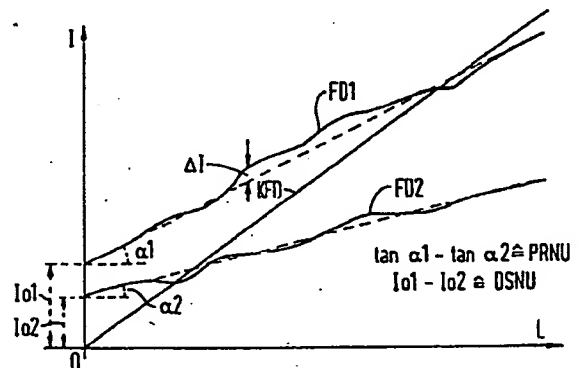
Allweier, Arnold, 7750 Konstanz, DE; Dowe, Dietmar,
7768 Stockach, DE

⑤ Schaltungsanordnung für eine pixelweise Korrektur der Bildsignale eines aus mehreren Fotoelementen bestehenden Bildsensors

Schaltungsanordnung für eine pixelweise Korrektur der Bildsignale eines aus mehreren Fotoelementen bestehenden Bildsensors.

In einem Korrekturwerte-Speicher sind pro Fotosensor mehrere, unterschiedlichen Grauwerten bzw. Rohhelligkeitswerten zugeordnete Korrektur-Helligkeitswerte gespeichert, deren jeweilige Größe so gewählt ist, daß sich für alle Fotosensoren für die Beziehung zwischen Fotostrom und Lichtintensität eine Schar identischer Kennlinien gemäß der Funktion $I = I_0 + g \cdot L$ ergibt, wobei I den Fotostrom, I_0 den Dunkelstrom, L die Lichtintensität und a eine Konstante bedeuten.

FIG 1



DE 3733074 A1

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung für einen elektro-optischen Bildsensor zur Korrektur der aus einer Vielzahl von Fotosensoren gewonnenen, jeweils einzelnen Bildelementen (Pixeln) zugeordneten Bildsignale und unterschiedlichen Grauwerts, bzw. unterschiedlicher Rohhelligkeit, unter Verwendung eines Korrekturwerte-Speichers, in welchem pro Fotosensor wenigstens ein Korrekturwert hinterlegt ist, dadurch gekennzeichnet, daß im Korrekturwerte-Speicher pro Fotosensor mehrere, unterschiedlichen Grauwerten bzw. Rohhelligkeitswerten zugeordnete Korrektur-Helligkeitswerte gespeichert sind und daß diese Korrektur-Helligkeitswerte so gewählt sind, daß sich für alle Fotosensoren für die Beziehung zwischen Fotostrom und Lichtintensität eine Schar identischer Kennlinien ergibt.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektur-Helligkeitswerte so gewählt sind, daß sich Kennlinien gemäß der Funktion $I = I_0 + a \times L$ ergeben, wobei I den Fotostrom, I_0 den Dunkelstrom, L die Lichtintensität und a eine Konstante bedeuten.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturhelligkeitswerte so gewählt sind, daß sich logarithmische Kennlinien ergeben.
4. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektur-Helligkeitswerte so gewählt sind, daß der Dunkelstromanteil (I_0) gegen Null korrigiert wird.
5. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Korrekturwerte-Speicher als programmierbarer Festwertspeicher (PROM) ausgebildet ist, dessen Adreßeingänge in n Eingänge für 2^n Grauwerte (GW) bzw. Rohhelligkeitswerte einerseits und m Eingänge für 2^m Fotosensoren andererseits aufgeteilt sind.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung für einen elektro-optischen Bildsensor nach den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Für die Abtastung von Bildern, bei der einzelne Bildpunkte in elektrische Signale umgesetzt werden, gibt es viele bekannte Lösungen. Bekanntestes Beispiel sind Fernsehkameras, deren Übertragungsverhalten für die Bewertung durch das menschliche Auge optimiert ist. Der abzutastende Gegenstand braucht nur so weit "richtig" wiedergegeben zu werden, daß dem Auge praktisch keine Fehler auffallen. So können verhältnismäßig große Unterschiede zwischen der Helligkeitswiedergabe von randliegenden und von zentrischliegenden Bilddetails ohne weiteres erlaubt werden. Nur der Übergang vom Rand zur Mitte muß gleichmäßig sein.

Anders sind die Anforderungen, wenn aus den elektrischen Bildsignalen automatisch Meßwerte abgeleitet werden sollen, die quantitative Aussagen über den abgebildeten Gegenstand erlauben. Solche Meßwerte können entweder die geometrischen Abmessungen bestimmter Bilddetails betreffen oder deren Reflexionsverhalten, deren Farbwerte oder deren Strahlungsintensität. Moderne Halbleiter-Bildsensoren enthalten viele

lichtempfindliche Teilflächen genau definierter Abmessungen in einem genau definierten Raster. Zusammen mit verzeichnungsfreien Objektiven sind daher genaue Geometrie-Aussagen über den abgebildeten Gegenstand relativ leicht erreichbar.

Größere Probleme ergeben sich dagegen bei Intensitätsmessungen (zum Beispiel für Pyrometer) und bei intensitätsbezogenen Meßgrößen wie Reflexionsfaktor (zum Beispiel für Druckkontrastmessungen) und Farbwert (zum Beispiel für die Lackproduktion und auch für Pyrometer). Hier sind unter anderem folgende "Gleichmäßigkeits"-Forderungen zu erfüllen:

- Das Objektiv muß vom Zentrum bis zum Bildrand hin gleichmäßig hell zeichnen,
- die Objektivvergütung muß für alle relevanten Lichtwellenlängen und bei allen in Frage kommenden Bildstrahlwinkeln gleichmäßig wirksam sein,
- die zu den einzelnen Bildelementen ("Pixels") gehörenden Pixel-Fotodioden müssen in bezug auf Dunkelsignal und Empfindlichkeit untereinander gleichmäßig sein,
- bei der Messung von Reflexionsfaktor oder Körperfarbe kommt hinzu, daß die Beleuchtung über das Gegenstandsfeld hinweg gleichmäßig sein muß.

Angeichts dieser hohen Anforderungen sind Kompromisse insofern einzugehen, als man dem Bildsensor möglichst viel "Ungleichmäßigkeit" zugesteht mit der Folge, daß die Abtastsignale durch Unterschiede in der Elektronenausbeute der einzelnen Fotodioden, in den lichtempfindlichen Flächen der Fotodioden, durch Inhomogenitäten der Beleuchtung und andere systematische Fehler verfälscht werden. In der Fig. 1 sind am Beispiel zweier Fotodioden $FD1$, $FD2$ die aufgrund der erwähnten Ungleichmäßigkeiten entsprechend unterschiedlichen Kennlinien dargestellt. Die beiden Kennlinien mit Fotostrom in Abhängigkeit von der Lichtintensität unterscheiden sich zum einen durch eine unterschiedliche mittlere Steilheit, was durch die entsprechend unterschiedlichen Winkel α_1 und α_2 symbolisiert ist, zum anderen durch unterschiedliche Dunkelstrom-Anteile I_{01} bzw. I_{02} , und drittens durch Linearitätsfehler ΔI , deren Wert von der Lichtintensität abhängt. Vor einer weiteren Verarbeitung der mit derart unterschiedlichen Fotodioden abgetasteten Signale ist daher eine entsprechende Korrektur unverzichtbar. Diese Korrektur betrifft sowohl die empfindlichkeitsartigen, ortsabhängigen Fehler (Photo-Response Non Uniformity $PRNU \triangleq \tan \alpha_1 - \tan \alpha_2$) als auch sogenannte "Dunkelstrom"-artige Fehler (Dark Signal Non Uniformity $DSNU \triangleq I_{01} - I_{02}$).

Im ersten Fall erfolgt die Korrektur durch eine Multiplikation mit einem Koeffizienten, während im zweiten Fall eine Addition von Summanden durchgeführt wird.

Eine derartige Korrektur, wie sie beispielsweise mit der aus der DE-PS 25 34 235 bekannten Schaltung realisierbar ist, kann nur teilweise befriedigen, weil für jede Fotodiode nur ein einziger Koeffizient zur Verfügung steht, so daß die durch die mehr oder weniger krummen oder zackigen Kennlinienverläufe symbolisierten Empfindlichkeitsschwankungen bei der Korrektur völlig unberücksichtigt bleiben. Außerdem hat die bekannte Schaltung den Nachteil, daß für jedes zu korrigierende Signal ein aufwendiger Multipliziervorgang notwendig ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zur Korrektur von

Signalen eines aus einer Vielzahl von Fotosensoren bestehenden Bildsensors einerseits schaltungstechnisch möglichst einfach zu gestalten und andererseits so weiterzubilden, daß bei der Korrektur die unterschiedliche Empfindlichkeit der einzelnen Fotosensoren bei verschiedenen Rohhelligkeitswerten mitberücksichtigt werden kann. 5

Die Lösung dieser Aufgabe ergibt sich erfindungsge-
mäß durch die kennzeichnenden Merkmale des An-
spruchs 1. Diese im Aufbau sehr einfache Korrektur- 10
schaltung hat den Vorteil, daß die korrigierten Werte ohne Multiplikation lediglich durch einen einfachen Speicherzugriff auf tabellarisch hinterlegte Werte un-
mittelbar zur Verfügung stehen, wobei pro Pixel nicht
nur ein einziger Korrekturwert sondern entsprechend 15
der jeweiligen Pixelintensität mehrere unterschiedliche
Korrekturwerte vorhanden sind.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in
den Unteransprüchen angegeben.

Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfin- 20
dung anhand der Zeichnung in Fig. 2 näher erläutert.
Diese Fig. 2 zeigt einen Bildsensor *BS* mit zum Beispiel
 $16 \times 64 = 1024$ matrixartig angeordneten Fotosensoren
bzw. Pixeldioden, der ausgangsseitig mit einem pro- 25
grammierbaren Festwertspeicher *PROM* verbunden ist.
In diesen programmierbaren Festwertspeicher *PROM*
ist für jedes Pixel eine individuelle Korrekturtabelle ent-
halten. Der Ausgang des programmierbaren Festwert-
speichers *PROM* ist schließlich mit dem Eingang einer
Bildverarbeitungseinheit *BVE* verbunden, die unter an- 30
derem einen Taktgeber *TG* und einen Zähler *Z* enthält.
Der Taktgeber *TG* liefert einen Takt an den Bildsensor
BS und veranlaßt diesen, für die einzelnen Pixeldioden
nacheinander je einen n -Bit codierten Grauwert bzw.
Rohhelligkeitswert an den programmierbaren Fest- 35
wertspeicher *PROM* zu liefern. Bei zum Beispiel $n=6$
Bit bedeutet dies jeweils einen von insgesamt $2^n = 64$
Grauwerten. Mit dem Zähler *Z* wird jeweils eine m -Bit
breite Pixelnummer an erste Adreßeingänge des pro-
grammierbaren Festwertspeichers *PROM* übertragen, 40
so daß einerseits mit den m Bits der jeweiligen Pixel-
nummer (zum Beispiel 10 Bits für 1024 Pixeldioden) und
mit dem jeweils zugehörigen n -Bit breiten Grauwert
des entsprechenden Pixels, der an zweite Adreßeingän-
ge geführt wird, der dem Pixel und dessen Pixelintensi- 45
tät entsprechend korrigierte Wert aus der Korrekturta-
belle ausgewählt werden kann. Dieser ausgewählte kor-
rigierte Pixelintensitätswert *KPI* wird schließlich an die
Bildverarbeitungseinheit *BVE* zur weiteren Aufberei-
tung übertragen. Die in der Korrekturtabelle gespei- 50
cherten Korrekturwerte sind so gewählt, daß sich letzt-
lich für alle Fotosensoren bzw. Pixeldioden *FD* eine
Schar identischer Kennlinien *KFD* (siehe Fig. 1) ergibt,
bei denen zusätzlich der Dunkelstrom-Anteil kompen-
siert und damit gegen Null korrigiert ist. Die Kennlinien 55
KFD sind vorzugsweise vom Nullpunkt ausgehende
Geraden. Es sind aber auch andere Kennlinienverläufe,
z.B. logarithmische Kennlinien realisierbar.

60

65

3733074

1/1

FIG 1

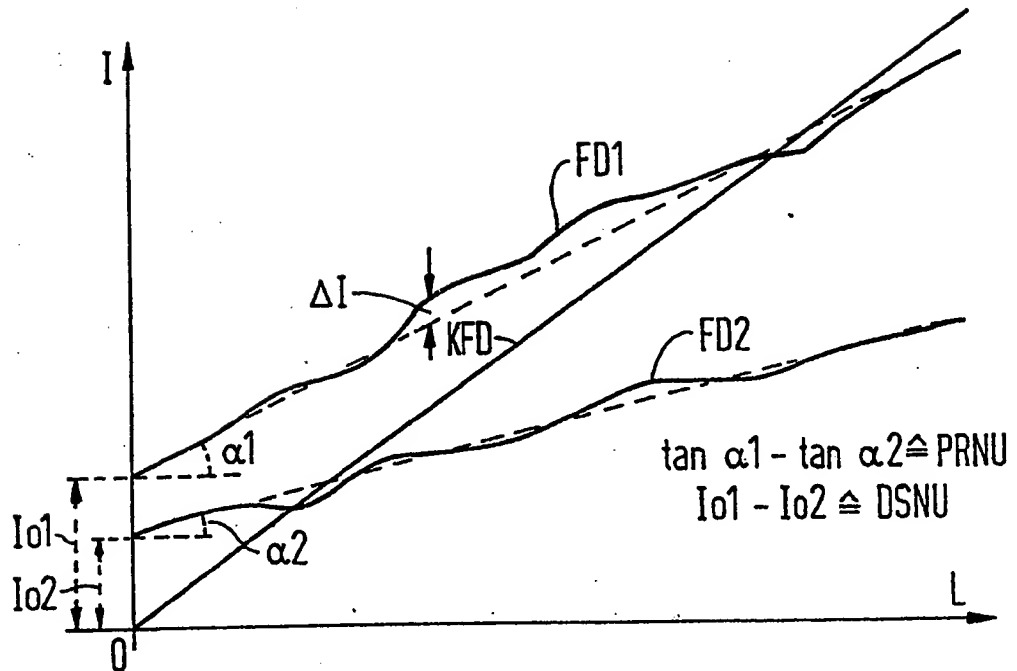
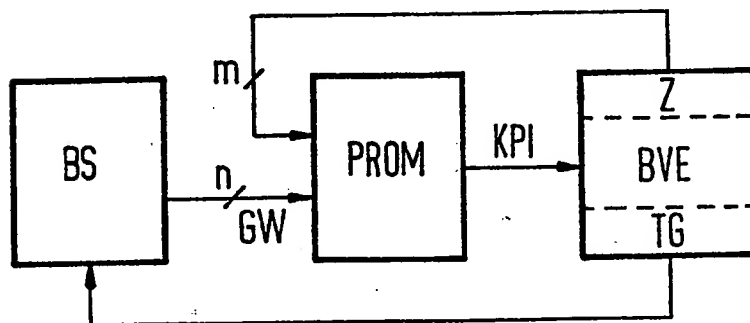


FIG 2



ORIGINAL INSPECTED

3733074

1/1

FIG 1

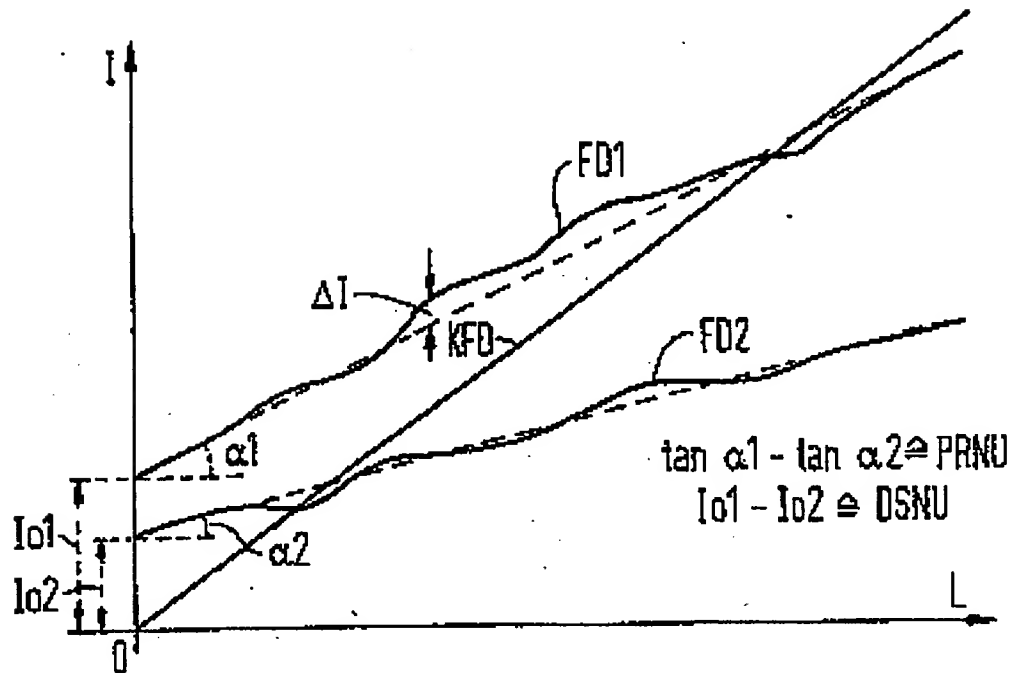
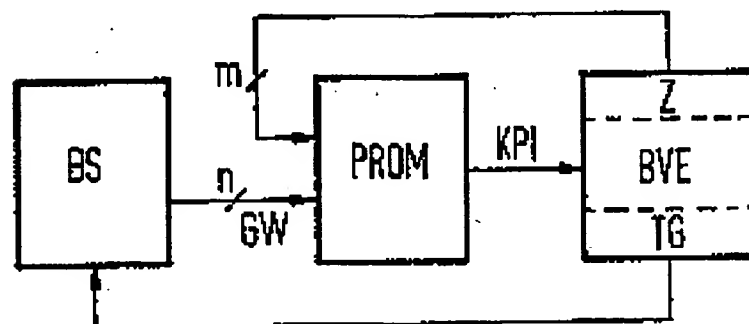


FIG 2



ORIGINAL INSPECTED